

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-077609

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

H01P 7/08
H01P 1/203
H01P 1/213
H03B 5/18

(21)Application number : 2000-016855

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 26.01.2000

(72)Inventor : ISHIKAWA YOHEI
IIO KENICHI
TANAKA HIROAKI
IDA YUTAKA

(30)Priority

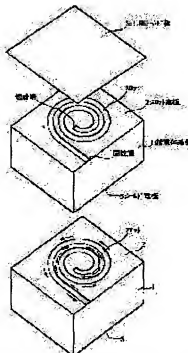
Priority number : 11190175
11044205Priority date : 05.07.1999
23.02.1999Priority country : JP
JP

(54) DIELECTRIC RESONATOR, INDUCTOR, CAPACITOR, DIELECTRIC FILTER, OSCILLATOR, DIELECTRIC DUPLEXER, AND COMMUNICATIONS EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve loss characteristics by reducing Joule loss i.e., conductor loss due to a current by forming a slot line into spiral shape and then canceling the current flowing between adjacent lines.

SOLUTION: On a top surface of a dielectric substrate 1, which has a shield electrode formed over the entire rear surface, a spiral slot electrode 2 is provided and above it, a shield plate 3 is arranged at a specific interval to form the slot line in a distribution region of an electromagnetic field in a dielectric layer and the air layer of the dielectric substrate 1. An inner peripheral end of the slot is short-circuited, and the outer peripheral end is made open to obtain the quarter-wave resonance line. Consequently, while a current flows to the outer peripheral side of the slot line in a direction as shown by a solid-line arrow, an induced current flows closely to the inner peripheral side in the reverse direction as shown by the broken-line arrow, so that the currents of two adjacent lines cancel each other to overall length of the slot line. Dielectric loss which becomes the dominant loss between the adjacent slots is therefore reduced greatly to obtain a resonator with high unloaded Q.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

特開 2001-77609

(P2001-77609A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001. 3. 23)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テコト (参考)
H 0 1 P	7/08 1/203 1/213	H 0 1 P	7/08 1/203 1/213
H 0 3 B	5/18	H 0 3 B	5/18 M Z

審査請求 有 請求項の数 17 O L (全 12 頁)

- (21) 出願番号 特願2000-16855 (P2000-16855)
- (22) 出願日 平成12年1月26日 (2000. 1. 26)
- (31) 優先権主張番号 特願平11-190175
- (32) 優先日 平成11年7月5日 (1999. 7. 5)
- (33) 優先権主張国 日本 (J P)
- (31) 優先権主張番号 特願平11-44205
- (32) 優先日 平成11年2月23日 (1999. 2. 23)
- (33) 優先権主張国 日本 (J P)

- (71) 出願人 000006231
株式会社村田製作所
京都府長岡京市天神二丁目26番10号
- (72) 発明者 石川 容平
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
- (72) 発明者 飯尾 憲一
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
- (74) 代理人 100084548
弁理士 小森 久夫

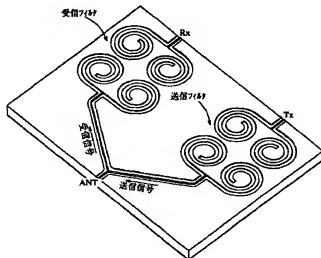
最終頁に続く

- (54) 【発明の名称】 誘電体共振器、インダクタ、キャパシタ、誘電体フィルタ、発振器、誘電体デュプレクサおよび通信装置

(57) 【要約】

【課題】 電極のスロット部分における縁端効果による導体損を効果的に抑えて、無負荷Q (Qo) の高い誘電体共振器を構成し、損失特性に優れた誘電体フィルタ、誘電体デュプレクサ、インダクタ、キャパシタ、発振器、およびそれらを用いた通信装置を得る。

【解決手段】 スパイラル形状のスロットを有するスロット電極2を誘電体基板1の表面に形成し、誘電体基板1の上部に所定間隔を隔てて上部シールド板3を設けることにより、誘電体共振器を構成する。この誘電体共振器に信号入出力部を設けて誘電体フィルタや誘電体デュプレクサを構成し、負性抵抗回路を接続して発振器を構成する。さらに、スロット線路の内周を短絡端または開放端とし、線路長を設定することにより、インダクタまたはキャパシタを構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電体層の外表面または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けてスロット線路を構成するとともに、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設けて、前記スロット線路を共振線路としたことを特徴とする誘電体共振器。

【請求項2】 前記スロットの幅を、前記スロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りで大きくしたことを特徴とする請求項1に記載の誘電体共振器。

【請求項3】 前記スロットの幅を、前記スロット線路の開放端から短絡端まで略全域に亘って変化させたことを特徴とする請求項2に記載の誘電体共振器。

【請求項4】 前記スロット線路の幅を、前記スロットの長手方向の位置に対して曲線的に変化させたことを特徴とする請求項3に記載の誘電体共振器。

【請求項5】 前記スロット線路の一方の端部を短絡端、他方の端部を開放端として、前記スロット線路を1/4波長の共振線路とした請求項1～4のうちいずれかに記載の誘電体共振器。

【請求項6】 前記スロット線路の外周端を短絡端として、前記スロット線路を1/4波長または1/2波長の共振線路とした請求項1～4のうちいずれかに記載の誘電体共振器。

【請求項7】 前記スロット電極は、互いに外周端同士がつながった点対称の関係にある、それぞれがスパイラル形状の2つのスロットを有し、該2つのスロットのそれぞれの内周端を前記スロット線路の短絡端とした請求項1～4のうちいずれかに記載の誘電体共振器。

【請求項8】 前記スロット電極は、互いに外周端同士がつながった線対称の関係にある、それぞれがスパイラル形状の2つのスロットを有し、該2つのスロットのそれぞれの内周端を前記スロット線路の短絡端とした請求項1～4のうちいずれかに記載の誘電体共振器。

【請求項9】 前記スロットの全体が略方形に変形したスパイラル形状である請求項1～8のうちいずれかに記載の誘電体共振器。

【請求項10】 誘電体層の外表面または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けてスロット線路を構成するとともに、該スロット線路の先端を短絡端とし、スロット長を当該スロット線路の伝送波長の1/8以下にし、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設けたことを特徴とするインダクタ。

【請求項11】 前記スロットの幅を開放端寄りに比べて短絡端寄りで大きくしたことを特徴とする請求項10に記載のインダクタ。

【請求項12】 誘電体層の外表面または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けてスロット線路を構成するとともに、該スロット線路の先端を

開放端とし、スロット長を当該スロット線路の伝送波長の1/8以下にし、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設けたことを特徴とするキャパシタ。

【請求項13】 前記スロットの幅を開放端寄りに比べて短絡端寄りで大きくしたことを特徴とする請求項12に記載のキャパシタ。

【請求項14】 請求項1～9のうちいずれかに記載の誘電体共振器に信号入出力部を設けて成る誘電体フィルタ。

【請求項15】 請求項1～9のうちいずれかに記載の誘電体共振器に負性抵抗回路を結合させて成る発振器。

【請求項16】 送信信号入力ポートと送受共用入出力ポートとの間、および該送受共用入出力ポートと受信信号出力ポートとの間に、請求項14に記載の誘電体フィルタを、送信フィルタおよび受信フィルタとしてそれぞれ設けて成る誘電体デュプレクサ。

【請求項17】 請求項10もしくは11に記載のインダクタ、請求項12もしくは13に記載のキャパシタ、請求項14に記載の誘電体フィルタ、請求項15に記載の発振器または請求項16に記載の誘電体デュプレクサのうち少なくとも1つを備えた通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は誘電体基板に電極を形成してなる誘電体共振器、インダクタ、キャパシタ、誘電体フィルタ、発振器、誘電体デュプレクサおよびそれらを用いた通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】マイクロ波帯やミリ波帯で用いられる、誘電体基板に設けた共振器として、マイクロストリップ線路やスロット線路による共振器がある。従来のスロット線路共振器は、直線状の半波長のスロット線路により1つの共振器を構成したものであった。スロット線路による共振器は、その構造上、スロットの周囲に連続して電極が存在するため、共振器部分での電磁界エネルギーの閉じ込め性が高く、モジュールとして高周波回路部分に実装した際、他の回路との干渉が少ないという利点を備えている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、スロット線路の損失は、主に誘電体損と導体損に分けられるが、導体損が支配的であった。従来のような、直線状のスロット線路による共振器では、スロット線路が本質的に持つ緑端効果による特性劣化を免れないという難点があった。すなわち線路の断面を見た場合に、線路の緑端部（幅方向の電極端部および厚み方向の上端・下端）に電流が集中する。この電流集中による導体損を抑えるために、たとえば電極の膜厚を厚くしても、電流集中の生じる緑端部が広がるわけではないため、無意味であり、緑

端効果による導体損の問題は必ず生じる。

【0004】ここで従来のスロット線路による共振器の導体損の全損失に対する割合の例について説明する。まず図20に示すように、スロット電極をエッジ、電極上面、電極下面の3つの領域に分割し、それぞれについて導体損の計算を行って、全体の Q_c （導体損による Q ）を算出した。次の表は図20の構造パラメータを有するスロット線路に対して、電極上面下での損失の、全損失に対する割合を示したものである。

【0005】

表1

スロット幅	損失割合
10 μm	77%
25 μm	84%
50 μm	88%
100 μm	90%

このように、スロット幅が狭くても広くても電極上面下での損失の、全損失に対する割合は大きく、たとえばスロット幅を100 μm とした場合には、全損失の約90%が電極上面下で消費されることになる。

【0006】この発明の目的は、上記記録効果による導体損を効果的に抑えて、無負荷 Q (Q_0) の高い誘電体共振器を構成し、損失特性に優れた誘電体フィルタ、インダクタ、キャパシタ、発振器、およびそれらを用いた通信装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するために、この発明の誘電体共振器は、誘電体層の外表面または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けて、スロット線路を構成するとともに、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設けて、前記スロット線路を共振線路とする。

【0008】ここで、直線状スロット線路の電磁界分布と磁界により誘起される電流の方向を図18に示す。図18において曲線の破線は磁界分布、曲線の実線は電界分布、直線状の矢印はスロット電極に誘起される電流の向きをそれぞれ示している。注目すべき点はスロットの左右の電極を流れる電流が線路の向きに対して逆方向の関係にあるという点である。本願発明はこの現象を利用して、スロット線路をスパイラル状に形成することによって、隣接2線路間を流れる電流を相殺し、電流によるジュール損すなわち導体損を低減するものである。

【0009】たとえば先端短絡のスロット線路をスパイラル状に形成した場合、スロット線路の長さが、線路上での波長を λ_g とした時、図18に示すように磁界分布の節からそれに隣接する節までの領域で磁界は同じ方向を向くため、その領域で隣接2線路間の電流が逆向きと

なる。そのため、 $\lambda_g/2$ または $\lambda_g/4$ のスロット線路であれば、スロット線路の略全長に亘って隣接2線路間を流れる電流が相殺されることになる。

【0010】また、この発明の誘電体共振器では、上記スロット線路のスロット幅を、スロット線路の開放端寄り比べて短絡端寄りの方を大きくする。一般に、両端開放のストリップ線路共振器の場合、開放端で電流0、短絡端で電流最大となるが、このことはスロット線路共振器の場合にも当てはまる。そこで、電流密度の高い短絡端寄りではスロット幅を大きく、電流密度の低い開放端寄りではスロット幅を小さくすることにより、スロット線路の長手方向の電流密度分布が均一となって、電流の集中が抑えられる。その結果、全体の導体損が更に低減される。

【0011】また、この発明の誘電体共振器では、上記スロットの幅を、スロット線路の開放端から短絡端まで略全域に亘って変化させ、また、スロットの幅をスロットの長手方向の位置に対して曲線的に変化させる。

【0012】また、この発明の誘電体共振器は、上記スロット線路の一方の端部を短絡端、他方の端部を開放端として、スロット線路を $1/4$ 波長の共振線路とする。これにより、全体の線路長が短くなって、占有面積もさらに縮小化される。

【0013】またこの発明の誘電体共振器は、上記スロット線路の外周端を短絡端として、スロット線路を $1/4$ 波長または $1/2$ 波長の共振線路とする。すなわち、内周端を開放端とした場合は $1/4$ 波長の共振線路となり、内周端を短絡端とした場合は $1/2$ 波長の共振線路となる。これによりスパイラル形状のスロット線路の外周端が磁界強度の最大点となる。

【0014】また、この発明の誘電体共振器は、互いに外周端同士が繋がった点対称の関係にある、それぞれが上記スパイラル形状の2つのスロットを有するスロット電極を設け、この2つのスロットのそれぞれ内周端をスロット線路の短絡端とする。この構造により、対称点の位置で電界が最大、2つのスパイラル形状のスロット線路のそれぞれの内周端で磁界が最大となるため、電磁界の閉じ込め性が良好となる。

【0015】また、この発明の誘電体共振器は、互いに外周端同士が繋がった線対称の関係にある、それぞれが上記スパイラル形状の2つのスロットを有するスロット電極を設け、この2つのスロットのそれぞれの内周端をスロット線路の短絡端とする。この構造により対称線の位置で電界が最大となり、また隣接するスロット線路との距離が離れる。

【0016】また、この発明の誘電体共振器は、前記スロットの全体が略方形に変形したスパイラル形状とする。これにより誘電体基板に対するスパイラル形状のスロット線路の占有面積が縮小化される。

【0017】この発明のインダクタは、誘電体層の外表面

または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けてスロット線路を構成するとともに、該スロット線路の先端を短絡端とし、スロット長を当該スロット線路の伝送波長の $1/8$ 以下にし、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設ける。

【0018】また、この発明のインダクタでは、上記スロット線路のスロット幅を、スロット線路の開放端寄り要比て短絡端寄りの方を大きくする。これにより、スロット線路の長手方向の電流密度分布が均一となつて、全体の導体損が低減される。

【0019】この発明のキャパシタは、誘電体層の外周または内部に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極を設けてスロット線路を構成するとともに、該スロット線路の先端を開放端とし、スロット長を当該スロット線路の伝送波長の $1/8$ 以下にし、前記スロット電極から所定距離離れた位置にシールド用導体を設ける。

【0020】また、この発明のキャパシタでは、上記スロット線路のスロット幅を、スロット線路の開放端寄り要比て短絡端寄りの方を大きくする。これにより、スロット線路の長手方向の電流密度分布が均一となつて、全体の導体損が低減される。

【0021】この発明の誘電体フィルタは、上記いずれかの構造の誘電体共振器に信号入出力部を設けて構成する。

【0022】この発明の発振器は、上記の誘電体共振器に負性抵抗回路を結合させて構成する。

【0023】この発振器のデュプレクサは、送信信号入出力ポートと送受共用入出力ポートとの間、および該送受共用入出力ポートと受信信号入出力ポートとの間に、上記誘電体フィルタを、送信フィルタおよび受信フィルタとしてそれぞれ設けることによって構成する。

【0024】この発明の通信装置は、上記インダクタ、キャパシタ、誘電体フィルタまたは発振器を用いて構成する。

【0025】

【発明の実施の形態】第1の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図1を参照して説明する。図1の(A)は誘電体共振器の主要部の斜視図、(B)は電流分布の例を示す図である。図において1は誘電体基板であり、その図における上面に、スパイラル形状のスロットを有するスロット電極2を設けている。誘電体基板1の図における下面にはシールド電極5を略全面に形成している。誘電体基板1の図における上部には、誘電体基板1から所定間隔を隔てて、本願発明に係るシールド電極である上部シールド板3を配置している。このスロット電極2によるスロット線路の電磁界は誘電体基板1の誘電体層と外部の空気層に分布し、これらの電磁界の分布領域でスロット線路を構成している。

【0026】スロットの内周端はスロット線路の短絡端とし、スロットの外周端はスロット線路の開放端としている。そして、スロット線路上の波長を λ とすると、スロットの長さは $\lambda/4$ としていて、全体で $1/4$ 波長共振線路を構成している。

【0027】なお、空気層における波長を λ_0 とすれば、上部シールド板3は、シールド効果の点でスロット電極2から $\lambda_0/2$ 以内であることが望ましい。このようにシールド板3を設けたことにより、スロット線路の電磁界の外部への放射および外部からの電磁界の入射が無く、誘電体共振器として作用する。

【0028】図1の(B)において、矢印はスロット線路の外周側に誘起される電流、破線の矢印はスロットの内周側に誘起される電流の向きをそれぞれ示している。このように、隣接するスロット間では、逆方向の電流が近接するため、スロット線路の全長に亘って隣接2線路間を流れる電流が相殺される。したがって、隣接スロット間での導体損が大幅に低減される。

【0029】上記隣接2線路間での電流の相殺による効果を実証するために、図19に示す平行3線スロット線路の磁界強度分布を有限要素法(FEM)を用いて計算した。図19において上部の図は磁界強度分布、中央の図は平行3線スロット線路の断面図、下部の図はその平面図である。これでは3つの線路にそれぞれ同相の電磁波が励起されるものと仮定し、各構造パラメータを図19に示すように設定した。

【0030】図19の結果から明らかなように、スロットによる電極の縁端部には電流が極端に集中し、それから遠ざかるにしたがって急激に減衰する。図においてはエッジに磁界が集中する部分を、隣接2線路の影響のある領域Bと、その効果のない領域Aとに分けているが、領域Aに比べて領域Bでは磁界の集中が明らかに緩和されている。したがって、隣接スロット間での電流密度は非常に低くなり、導体損は大幅に低減される。

【0031】これらの考えを実際の共振器で実証するために、共振器を試作した。図1に示した構造の誘電体共振器において、スロット幅を $20\mu\text{m}$ 、共振周波数 f_0 を 7GHz とした2つの誘電体共振器を用い、それらの開放端同士を接続した構造の誘電体共振器では、無負荷 Q は 1.0 であった。一方、同じスロット幅で同じ共振周波数を得るようにした直線状の両端ショート半波長共振器では、無負荷 Q は 4.0 であった。このように、本発明の誘電体共振器および本発明のその他の装置における共振器部分の無負荷 Q が、従来の直線状共振器より高いことを確認した。

【0032】次に、第2の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図2を参照して説明する。図2は誘電体共振器の主要部の斜視図である。図において1は誘電体基板であり、その図における上面にスロット電極2を設けている。このスロット電極2にはスパイラル形状のスロット

を形成して、その内周端は円形に電極の無い形状として、その部分をスロット線路の開放端としている。また、外周端は短絡端としている。そして、スロット線路上の波長を λg としたとき、スロットの長さは $\lambda g/4$ としていて、全体で $1/4$ 波長共振器を構成している。

【0033】誘電体基板1の上下には、スロット電極2から $1/2$ 波長以内にシールド板3、4を配置している。このようにシールド板3、4を設けたことにより、スロット線路の電磁界の外部への放射および外部からの電磁界の入射が防がれ、誘電体共振器として作用する。

【0034】このように、スパイラル形状のスロット線路の外周端を短絡端としたことにより、外側に磁界強度の最大点が存在することとなり、外部回路との接続が容易となる。例えば、この短絡端付近に同軸プローブを設けて磁界結合させることができる。

【0035】なお、図1の場合と同様に、図2に示した誘電体基板1の下面に略全面的なシールド電極を形成すれば、下部シールド板4は必須ではない。

【0036】次に第3の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図3を参照して説明する。図3において誘電体基板1の図における上面にはスロット電極2を設けている。誘電体基板1の図における上部には誘電体基板1から所定間隔隔てて上部シールド板3を配置している。このスパイラル形状のスロットを有するスロット電極と誘電体基板1の誘電体層および外部の空気層とによってスロット線路を構成している。

【0037】スロット電極2のスロットは、スパイラルの旋回方向が同一である2つのスロットを点対称の関係で接続したような形状としている。このスロット線路は、2つのスパイラル形状のスロットの内周端B1、B2がそれぞれ短絡端となり、点対称の位置Aが等価的に開放端となるように、線路長を $\lambda g/2$ としている。これにより、 $1/2$ 波長共振器を構成している。

【0038】このようにスパイラルの旋回方向が同一である2つのスパイラルを近接配置することにより、図中Aで示す付近のスロットと、それに隣接する左右のスロットによる電流の向きが互いに相殺する方向となり、この3つのスロットの近接配置部分の縁端効果による導体損をも低減させることができる。また、それとともに、単一のスパイラル形状のスロット線路の場合に比較して、誘電体基板上におけるスロットの占有面積を縮小化することができる、全体にさらに小型化が図れる。

【0039】また、図中Lの寸法を小さくすることにより、さらに誘電体基板の比誘電率を高くすることにより、電磁界の誘電体基板部分へのエネルギーの閉じ込め性が高まり、電磁界の外部への放射が抑えられる。

【0040】次に、第4の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を図4を参照して説明する。誘電体基板1の図における上面にはスロット電極2、下面にはスロット電極2と同じ(鏡対称の)パターン

のスロット電極7をそれぞれ設けている。このように、誘電体基板の両面にスロット電極を設けることによって、ダブルスロット構造のスロット線路を構成している。スロット電極2には、旋回方向が逆の2つのスパイラルを線対称の関係で接続したような形状としている。このスロット線路は、2つのスパイラル形状のスロットの内周端B1、B2がそれぞれ短絡端となり、線対称の位置Aが等価的に開放端となるように、線路長を $\lambda g/2$ としている。これにより、 $1/2$ 波長共振器を構成している。

【0041】誘電体基板1の上面にはスロット電極2のパターンによってコプレーナ線路を形成していて、その中心導体がスロットのA部分においてスロットに交差する方向に配置している。このコプレーナ線路の下面には接地電極を形成している。この構造によって、コプレーナ線路とスロット線路とが電界結合し、コプレーナ線路を信号入出力部とする誘電体フィルタとして用いることができる。等価回路的には、伝送路と接地面と1段のトラップ共振器を設けたBEFとして作用する。

【0042】図4に示したように、2つのスロットを線対称の関係で配置すれば、その2つのスロットの外周端同士が近づき合わされる部分が、それぞれのスパイラル形状のスロットから離れるため、その線対称の線路上に入出力回路を配置することが容易となり、入出力回路との整合性が高まる。

【0043】次に、第5の実施形態に係る誘電体フィルタの構成例を図5を参照して説明する。図5の(A)において、R1、R2はそれぞれ図4に示したものと同様のスロット線路による共振器であり、この2つのスロット線路を近接させることにより、磁界結合させている。このようにして、コプレーナ線路によるポート#1とポート#2を入出力部とする、2段の共振器から成る誘電体フィルタを構成する。これにより、帯域通過特性を有する誘電体フィルタを得る。

【0044】図5の(B)において、R1、R2、R3はそれぞれ図4に示したものと同様のスロット線路による共振器であり、この3つのスロット線路を順に近接配置することにより、それらの近接部分で磁界結合させている。このようにして、コプレーナ線路によるポート#1とポート#2を入出力部とする、3段の共振器から成る誘電体フィルタを構成する。これにより、帯域通過特性を有する誘電体フィルタを得る。

【0045】次に、第6の実施形態であるインダクタおよびキャパシタの構成例を図6を参照して説明する。図6の(A)において誘電体基板1の図における上面にはスロット電極2を形成し、誘電体基板1の上部に所定間隔隔てて上部シールド板3を配置している。スロット電極2のスロットはスパイラル形状を成し、スロット線路上の波長を λg としたとき、線路長を $\lambda g/8$ 以下の長さ

としている。

【0046】ここで、スロット線路の電気的エネルギーの時間平均値を W_e 、磁気的エネルギーの時間平均値を W_m とすると、図5の(A)に示した構造では、 $W_m > W_e$ の関係となり、スロット線路の外周端から線路を見たとき集中定数素子のインダクタとして作用する。

【0047】図6の(B)の場合、スロット線路の線路長を $\lambda/8$ 以下の長さにと定るとともに、スロット線路の内周端を開放端としている。その他の構成は(A)の場合と同様である。これにより、 $W_m < W_e$ の関係となり、スロット線路の外周端から線路を見たとき集中定数素子のキャパシタとして作用する。

【0048】図7は第7の実施形態に係る誘電体共振器の構成を示す部分斜視図である。図6において1は誘電体基板であり、この誘電体基板1を矩形導波路の内部に配置することによって、全体としてフィラインを構成している。誘電体基板1の図における上面にはスロット電極2を設けている。このスロット電極2のスロットのパターンは図3に示したものと同様である。このような構造によって、誘電体共振器を含むフィラインを構成することができる。この構造により、上記誘電体共振器の共振周波数を通過させる帯域通過フィルタとして作用する。

【0049】以上の各実施形態では、スロットの曲率が単調に変化する、全体に略円形の領域に配置されるスパイラル形状のスロットを形成した例を示したが、このようなスパイラル形状のスロットは、図8に示すように全体に方形の領域に収まる方形スパイラルの形状としてもよい。このような構造によって、限られた範囲でスロット線路の線路長を確保でき、誘電体基板に対するスパイラル形状スロットの占有面積を縮小化することができる。

【0050】図9の(A)は図8に示した方形スパイラル形状の変形例である。図9の(B)はそのバンド部、

(C)は図8に示したパターンに、バンド部におけるバンド部(それぞれ円で囲む領域)を示している。図8に示したように直線部とバンド部とでスロットの幅を等しすると、図9の(C)に示すように、スロットの内側の電流経路 l_{in} と外側の電流経路 l_{out} に物理的な経路差が生じて、スプリアスモードの発生を促すことになる。そこで図9の(B)に示すように、バンド部におけるスロットの内側の経路 l_{in}' と外側の経路 l_{out}' の経路差が小さくなるように、バンド部におけるスロット幅を直線部のスロット幅より細くする。このようなパターンによってスプリアスモードの発生を抑えることができる。

【0051】図10は共振器の構成例を示す斜視図である。図10において誘電体基板1の図における上面にスロット電極2を形成し、誘電体基板1の下面には略全面のシールド電極5を設けている。図10では省略しているが、誘電体基板1の上部には、誘電体基板1から所定間隔隔てて上部シールド板を配置している。誘電体基板

上面のスロット電極2には、共振器部と発振回路部とがあり、共振器部には、図4に示したものと同様の線対称の関係にある2つのスパイラル形状のスロットを設けて、スロット線路による共振器を構成している。また発振回路部には、コプレーナ線路またはコプレーナ線路に線路変換した他の線路にFETなどによる負性抵抗回路を接続している。この負性抵抗回路に上記スロット線路による共振器を接続することによって帯域反射型の発振器を構成している。

【0052】次に、スロット幅を不均一にした他の誘電体共振器の構成を図11および図12を参照して説明する。図11は誘電体共振器の誘電体基板の平面図である。図3などに示した例では、スロット線路のスロット幅を長手方向のいずれの位置においても一定としたが、この図11に示す例では、スロット幅を、スロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りの方を大きくしている。このスロット電極の形成パターン以外の構成は図3に示したものと同様である。

【0053】仮に、スロット線路のスロット幅を、その端から端まで一定とすれば、短絡端で電流密度が最大、等価の開放端で電流密度が略0となるが、このように、スロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りでスロット幅を大きくすることによって、スロット線路の長手方向における電流密度の分布は均一なものとなって、電流の集中が抑えられる。その結果、全体の導体損が低減され、無負荷 Q が更に高められる。

【0054】なお、スロット幅を変化させた場合にも、隣接するスロット同士の間隔を、図11に示したようにスロット線路の長手方向の位置に無関係に略一定にすることによって、隣接2線路間を流れる電流の相殺作用をスロットの全長に亘って維持することができる。

【0055】図12は、スロットの長手方向の位置におけるスロット線路幅の関係を示している。図12においてaで示す例では、短絡端におけるスロット幅を1としたときのスロット線路中央部(等価の開放端)におけるスロット幅を0.5とし、その間を直線的に変化させている。このように、スロット幅の変化を直線的にすることによって、スロット電極のパターンの設計および形成が容易となる。

【0056】また、図12の(A)においてbで示す例では、スロット線路の中央から短絡端付近までスロット線路幅を直線的に変化させ、そこから短絡端まではスロット幅を一定にしている。図11に示したように、スパイラル形状の中心に向かう程、スロット幅を大きくすると、線路長を確保しにくくなるが、このように、スロット線路の端部付近でスロット幅に上限を設ければ、スロット線路の占有面積を増大させることなく、所定長のスロット線路を構成することができる。

【0057】図12の(B)においてcで示す例では、スロット線路の長手方向に対するスロット幅の関数が、

スロット線路の中央から短絡端まで曲線で表されるような、パターンとしている。また、この例では、上記関数が上に凸な関数としている。一般に、スロット線路の電流密度をマクロで見ると、開放端で0、短絡端で最大となるように、長手方向に沿って三角関数的に分布する。しかし、スロット線路をスパイラル形状にした場合に、電流密度の分布をミクロで見ると、幅方向に広がる成分があり、この幅方向の成分は、幅方向の位置に対して指数関数的に変化している。したがって、全体に見ると、スロット線路の長手方向の電流密度は上記三角関数と上記指数関数を組み合わせた関数で表されるものと考えられる。図12の(B)においてbで示したパターンは、上記の電流密度分布を考慮したものである。上記関数を式で表すことは困難であるが、電流密度分布を均一化し、且つ限られた領域内で所定の線路長を得るためのスロット線路のパターンはシミュレーション等によって求められよう。

【0058】図12の(B)においてaで示したパターンは、(A)におけるaのパターンと同じである。このa、bを示したように、スロット幅を、スロットの長手方向の位置に対して曲線的に変化するパターンとすれば、隣接2線路間の電流の大きさが、より揃って、電流の相殺作用が高まるという効果を奏する。

【0059】図13は、別の誘電体共振器の誘電体基板の平面図である。図1などにした例では、スロット線路のスロット幅を長手方向のいずれの位置においても一定としたが、この図13に示す例では、スロット幅を、スロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りの方を大きくしている。このスロット電極の形成パターン以外の構造は図1に示したものと同様である。このような構成によって、導体損を低減して無負荷Qを更に高めた1/4波長共振器として作用する。

【0060】図14は、さらに別の誘電体共振器の誘電体基板の平面図である。この誘電体共振器は、スパイラル形状のスロット線路の外周端を短絡端、内周端を開放端としている。図2などに示した例では、スロット線路のスロット幅を長手方向のいずれの位置においても一定としたが、この図14に示す例では、スロット幅を、スロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りの方を大きくしている。このスロット電極の形成パターン以外の構造は図2に示したものと同様である。このような構成によっても、無負荷Qを高めた1/4波長共振器として作用する。

【0061】なお、インダクタやキャパシタについても、図6に示した構造を基本として、上記誘電体共振器の場合と同様に、スロットの幅をスロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りに大きくすることによって、更に低損失なインダクタやキャパシタを得ることができる。

【0062】同様に、フィルタについても、例えば図4

または図5に示した構造を基本として、上記誘電体共振器の場合と同様に、スロットの幅をスロット線路の開放端寄りに比べて短絡端寄りに大きくすることによって、挿入損失の更に小さなフィルタを得ることができる。

【0063】以上に示した各実施形態では、スロット電極2を、誘電体基板1による誘電体層と外部の空気による誘電体層との間に設けた構造としたが、例えば図15の断面図のように、上下2つの誘電体板による2つの誘電体層内に電磁界を閉じ込めるようにしてもよい。すなわち、図15において、誘電体基板1と、その上部のスロット電極2および下部のスロット電極5の構成は、以上に示した実施形態の場合と同様であるが、スロット電極2の上部に更に誘電体基板1'による誘電体層を設け、その外面にシールド電極6を形成している。ここで、誘電体基板1と1'の比誘電率は同一であってもよいし、異なってもよい。

【0064】次に、誘電体デュプレキサの構成を図16を参照して説明する。図16において、送信フィルタと受信フィルタは、それぞれ図5の(A)に示したものと同様のスロット線路による共振器を近接させて成る誘電体フィルタである。送信フィルタは送信周波数帯域で通過特性、受信周波数帯域で遮断特性を示し、受信フィルタは受信周波数帯域で通過特性、送信周波数帯域で遮断特性を示す。

【0065】図16においてTxは送信信号入力ポート、Rxは受信信号出力ポート、ANTは送受共用の入出力ポートである。これらの伝送線路としてはいずれもコプレーナ線路としている。また、ANTポートと、送信フィルタの終段(2段目)の共振器および受信フィルタの初段(1段目)の共振器との間にコプレーナ線路による分岐回路を構成している。これらTx、Rx、ANTの各ポートに送信回路、受信回路、アンテナをそれぞれ接続することによって、誘電体デュプレキサを通信装置におけるアンテナ共用器として用いる。

【0066】図17は上記誘電体フィルタおよび発振器を用いた通信装置の構成例を示すブロック図である。図17においてANTは送受信アンテナ、DPXはデュプレキサ、BPFa、BPFb、BPFcはそれぞれ帯域通過フィルタ、AMPa、AMPbはそれぞれ増幅回路、MIXa、MIXbはそれぞれミキサ、OSは発振器、DIVは分周器(シンセサイザ)である。MIXaはDIVから出力される周波数信号を変調信号で変調し、BPFaは送信周波数の帯域のみを通過させ、AMPaはこれを電力増幅してDPXを介しANTより送信する。BPFbはDPXから出力される信号のうち受信周波数帯域のみを通過させ、AMPbはそれを増幅する。MIXbはBPFcより出力される周波数信号と受信信号とをミキシングして中間周波信号IFを出力する。

【0067】図17に示した誘電体デュプレキサには図

16に示した構造の誘電体デュープレクサを用いることができ、帯域通過フィルタBPFFa、BPFFb、BPFFcは図5に示した構造の誘電体フィルタを用いることができ、発振器OSCは図10に示した構造の発振器を用いることができる。これらの誘電体フィルタおよび発振器は高周波回路部の回路基板上に表面実装する。このようにして全体に小型の通信装置を構成することができる。なお、上記インダクタやキャパシタについても、誘電体フィルタや発振器の場合と同様に、高周波回路部の回路基板上に表面実装して、通信装置を構成する。

【0068】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、誘電体基板上に限られた占有面積内に共振器を構成することができ、しかもスパイラル形状により生じるスロット線路の隣接2線路間を流れる電流が相殺され、導体損が大幅に低減され、無負荷Q(Qo)の高い誘電体共振器が得られる。

【0069】請求項2に記載の発明によれば、スロット線路の長手方向の電流密度分布が均一となって、電流の集中が抑えられる。その結果、全体の導体損が更に低減される。

【0070】請求項3に記載の発明によれば、スロット線路の全域に亘って、導体損をより低減することができ、誘電体共振器全体の無負荷Qをより高めることができる。

【0071】請求項4に記載の発明によれば、スロットの長手方向の電流密度分布をより均一にし、隣接2線路間の電流の相殺作用を高めることができる。

【0072】請求項5に記載の発明によれば、全体の線路長が短くなって、占有面積もさらに縮小化される。

【0073】請求項6に記載の発明によれば、スパイラル形状のスロット線路の外周端が磁界強度の最大点となり、外部回路との接続が容易となる。

【0074】請求項7に記載の発明によれば、対称点の位置で電界が最大、2つのスパイラル形状のスロット線路のそれぞれの内周端で磁界が最大となるため、電磁界の閉じ込め性が良好となる。そのため回路に応用した際の高集積化が実現できる。

【0075】請求項8に記載の発明によれば、対称線の位置で電界が最大となり、また隣接するスロット線路との距離が離れる。そのため、入出力回路との整合性が高まる。

【0076】請求項9に記載の発明によれば、誘電体基板に対するスパイラル形状のスロット線路の占有面積がさらに縮小化される。

【0077】請求項10または12に記載の発明によれば、誘電体基板上に限られた占有面積内に低損失なインダクタまたはキャパシタを構成することができ、スロット線路を伝送路とする回路内に容易に設けることができる。

【0078】請求項11または13に記載の発明によれば、さらに低損失なインダクタまたはキャパシタを構成することができる。

【0079】請求項14に記載の発明によれば、小型で低損失な誘電体フィルタが構成でき、且つ集積化された高周波回路内に容易に設けることができる。

【0080】請求項15に記載の発明によれば、小型で低損失な発振器が構成でき、且つ集積化された高周波回路内に容易に設けることができる。

10 【0081】請求項16に記載の発明によれば、小型で低損失な誘電体デュープレクサが構成でき、且つ集積化された高周波回路内に容易に設けることができる。

【0082】請求項17に記載の発明によれば、小型で低損失な誘電体フィルタ、インダクタ、キャパシタまたは発振器を用いることにより、全体に小型で高効率な通信装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る誘電体共振器の構成を示す図

20 【図2】第2の実施形態に係る誘電体共振器の構成を示す図

【図3】第3の実施形態に係る誘電体共振器の構成を示す図

【図4】第4の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図5】第5の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図6】第6の実施形態に係るインダクタおよびキャパシタの構成例を示す図

30 【図7】フィンラインに適用した例を示す図

【図8】方形スパイラル形状のスロットのパターンを示す図

【図9】方形スパイラル形状のスロットの他のパターンを示す図

【図10】発振器の構成例を示す図

【図11】誘電体共振器の他の構成例を示す平面図

【図12】同誘電体共振器のスロット幅の変化パターン例を示す図

【図13】誘電体共振器の他の構成例を示す平面図

40 【図14】誘電体共振器の他の構成例を示す平面図

【図15】スロット線路の他の構成例を示す断面図

【図16】誘電体デュープレクサの構成を示す図

【図17】通信装置の構成を示すブロック図

【図18】直線スロット線路における電磁界分布の例を示す図

【図19】スロット線路の隣接部における磁界強度分布の例を示す図

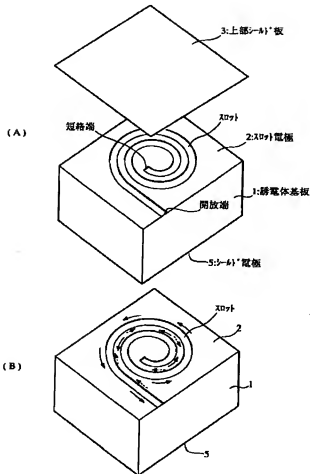
【図20】スロット線路の導体損の計算例に用いた構造パラメータを示す図

50 【符号の説明】

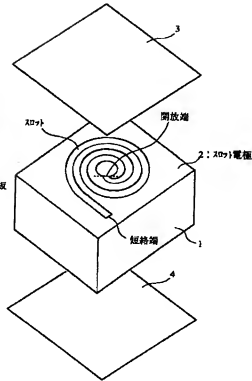
- 1-誘電体基板
2、7-スロット電極
3-上部シールド板

- 4-下部シールド板
5、6-シールド電極
R1、R2、R3-共振器

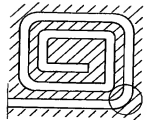
【図1】



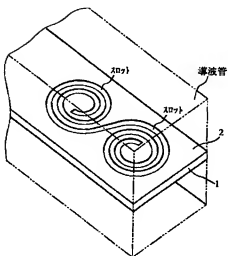
【図2】



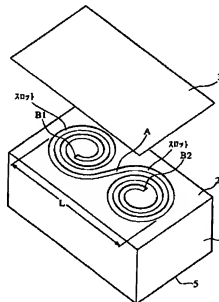
【図8】



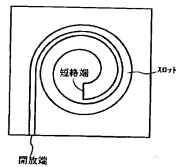
【図7】



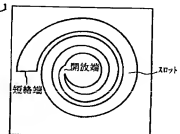
【図3】



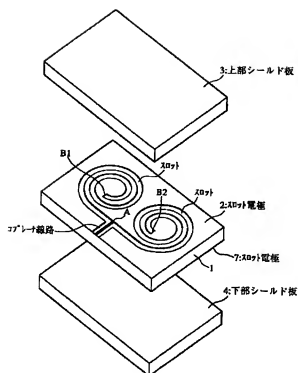
【図13】



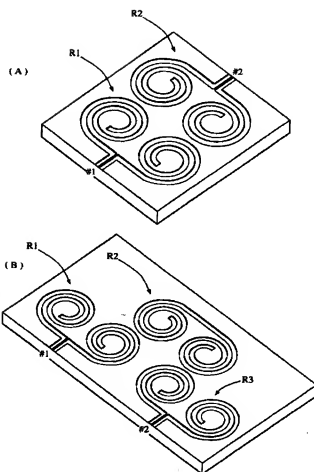
【図14】



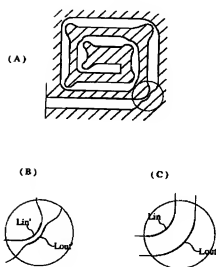
【図4】



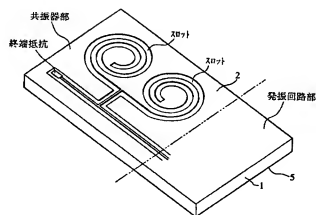
【図5】



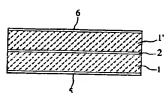
【図9】



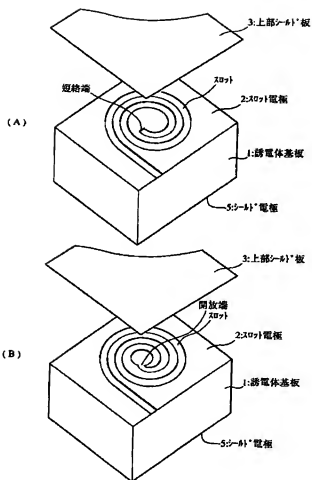
【図10】



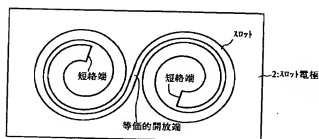
【図15】



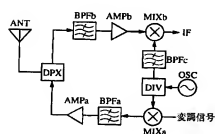
【図6】



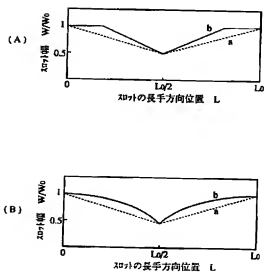
【図11】



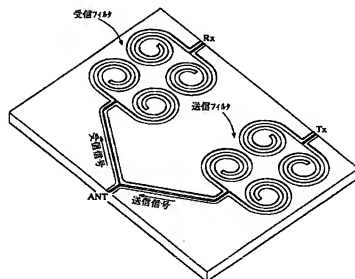
【図17】



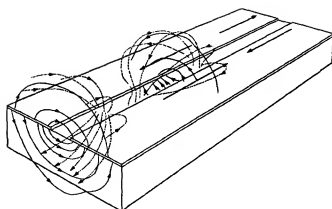
【図12】



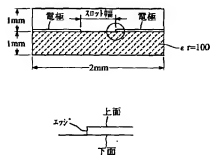
【図16】



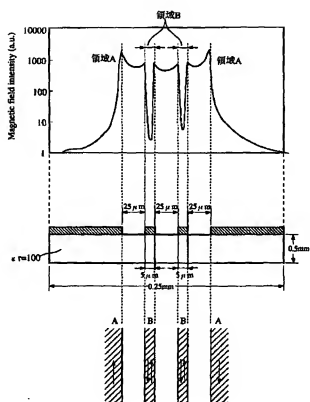
【図18】



【図20】



【図19】



フロントページの続き

(72) 発明者 田中 裕明

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(72) 発明者 井田 裕

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内